

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-285681

(P2000-285681A)

(43)公開日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 1 1 C 13/04		G 1 1 C 13/04	C 2 K 0 0 8
G 0 3 H 1/02		G 0 3 H 1/02	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-90761

(22)出願日 平成11年3月31日(1999. 3. 31)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72)発明者 堀 健次

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京

セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 2K008 AA04 BB04 BB05 CC03 DD23

EE01 FF17 HH18 HH19 HH26

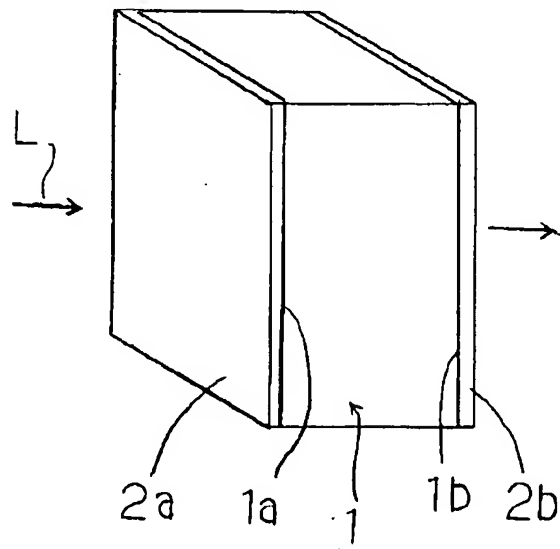
HH28

(54)【発明の名称】 ホログラムメモリ素子

(57)【要約】

【課題】 照射光に対する感度を向上させることができるとともに、フォトルタイク効果を抑制でき、光記録を正常に行わせることが可能な優れたホログラムメモリ素子を提供すること。

【解決手段】 ニオブ酸リチウム単結晶体またはタンタル酸リチウム単結晶体中に、Mg、Sc、Zn、Inのいずれか1種以上とFeを合計1～5モル%含有して成る。より好適には2～4モル%含有して成るホログラムメモリ素子とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ニオブ酸リチウム単結晶体またはタンタル酸リチウム単結晶体中に、Mg、Sc、Zn、Inの少なくとも1種とVIII族元素を1～5モル%含有して成るホログラムメモリ素子。

【請求項2】 Feの含有量が0.001～0.1モル%であることを特徴とする請求項1に記載のホログラムメモリ素子。

【請求項3】 光波長400～600nmにおける光吸収係数 α が、下記式を満足する請求項2に記載のホログラムメモリ素子。

$$2.5n+0.325 \leq \alpha \leq 2.5n+1.125$$

(ただし、n: Feの含有量(モル%))

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光を用いて情報の書き込み(記録)や読み出し(再生)を行う光メモリ素子の一種であり、デジタルホログラフィックメモリとして好適なホログラムメモリ素子に関する。

【0002】

【従来技術とその課題】 従来より、パソコンの記憶媒体として、主にフロッピーディスク、ハードディスク等が使用されてきた。最近では、これらの記憶媒体に加え、CD-ROM、MO(Magneto-optical Disk)、DVD(Digital Video Disk)等の各種記憶媒体が使用されている。また、近年、上記DVDに続く次世代メモリ素子としてホログラムメモリ素子が有望視され研究されている。

【0003】 このホログラムメモリ素子の素材として、これまでにニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウムバリウム、有機感光剤等の各種材料が提案されてきたが、これら材料のうちニオブ酸リチウム単結晶が最も実用化が可能であるといわれている。

【0004】 この主な理由は、ニオブ酸リチウム単結晶は高い読み出し(再生)効率が期待でき、また記録や消去の繰り返しが可能でそれによる特性の劣化がないこと、さらに多重記録ができ、高い解像度が期待できるからである。また、ニオブ酸リチウム単結晶には、高出力レーザー光を照射すると、光照射部の屈折率が局所的に変化する、いわゆる光損傷(フォトリフラクティブ)効果があり、これを利用することにより情報の記録や再生が可能となる。しかも、Fe(鉄)を添加することにより、その感度(効率)が向上することが知られている。

【0005】 しかし、10ギガバイト以上以上の記憶容量を実現するためには、さらなる感度の向上が必要であるが、感度を向上させることによりフォトルタイク効果が生じ、結晶内の電荷が大きくなるため、記録した像(データ)に歪みがあらわれやすくなる。これにより、正常な記録を行うことができない、すなわち、BER(Bit error rate: 記録誤り率)が増大するという問題がある。

題がある。

【0006】 そこで、本発明は照射光に対する感度を向上させることができるとともに、フォトルタイク効果を抑制でき、光記録を正常に行わせることが可能な優れたホログラムメモリ素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明のホログラムメモリ素子は、ニオブ酸リチウム単結晶体またはタンタル酸リチウム単結晶体中に、Mg(マグネシウム)、Sc(スカンジウム)、Zn(亜鉛)、In(インジウム)のいずれか1種以上とVIII族元素(Fe(鉄)、Co(コバルト)、Ni(ニッケル)、Ru(ルテニウム)、Rh(ロジウム)、Pd(パラジウム)、Os(オスミウム)、Ir(イリジウム)、Pt(白金)のいずれか1種以上)を合計1～5モル%含有して成る。より好適には2～4モル%含有して成るものとする。

【0008】 また特に、上記単結晶体中におけるFeの含有量が0.001～0.1モル%であるものとする。

【0009】 さらに、光波長400～600nmにおける光吸収係数 α が、 $2.5n+0.325 \leq \alpha \leq 2.5n+1.125$ (ただし、n: Feの含有量(モル%))を満足するものとする。

【0010】

【発明の実施の形態】 本発明に係るホログラムメモリ素子の実施形態について図面に基いて詳細に説明する。

【0011】 本発明のホログラムメモリ素子は、Mg、Sc、Zn、Inのいずれか1種以上とVIII族元素を合計で1～5モル%含有するニオブ酸リチウム単結晶体やタンタル酸リチウム単結晶体を用いたものである。また、図1に示すようにホログラムメモリ素子1は、例えば直方体を成す単結晶体の光1の入射面1a及び光出射面1bを光学研磨し、これらの面にホログラム記録及び再生に使用するレーザー波長に対する反射防止膜2a、2bを形成したものである。この反射防止膜2a、2bは例えばTiO₂等の誘電体多層膜を厚さ100～200Å程度に真空蒸着法等の薄膜形成法により作製したものである。なお、反射防止膜は単結晶体の全て面に形成させてもよく、ホログラムメモリ素子として十分に機能できるのであればこれら反射防止膜は無くともよい。

【0012】 また、上記単結晶体の原子組成比は、 $0.937 \leq \text{Li}/\text{Nb} \leq 0.943$ 、または $0.942 \leq \text{Li}/\text{Ta} \leq 0.961$ とする。この理由は、これらの範囲外の場合、結晶欠陥によるノイズ、BERが著しく増加して、フォトリフラクティブ効果による記録の感度が劣化するからである。また、特にMg、Sc、Zn、Inのいずれか1種以上とVIII族元素を合計で2～4モル%含有させる最も感度が良好となる。さらに、特にMgとFeを2～4モル%含有させると、フォトルタイク

イック効果の抑制効果が最も大きくなるので最適といえる。

【0013】上記原子組成比は、単結晶の2次高調波(Second Harmonic wave Generation)の位相整合温度測定により、分析、測定できる。これは、単結晶にNd:YAGレーザ等のレーザ光(基本波)を入射したときに、このレーザ光の2倍の周波数の光(2次高調波)が発生する温度(位相整合温度)が厳密に決定できること、そして前記位相整合温度は単結晶の組成、例えばLi/NbやLi/Taの原子組成比によって微妙に変化することによる。ここで、FeやMg等の不純物の含有量はICPやEPMA等により分析が可能である。

【0014】また、ⅤⅢ族元素のうちFeはフォトリフラクティブ効果が大きく、0.1モル%以下の含有量で十分な感度が得られ、また単結晶内にほぼ均一に分布させることが可能である。

【0015】そして、Feの含有量は0.001~0.1モル%が好ましい。この理由は、0.001モル%未満ではフォトリフラクティブ効果による感度が向上せず、0.1モル%を超えると単結晶の育成が困難になると共に、Feが均一にドーパされ難くなる上に、透過率が低下するので好ましくないからである。

【0016】また、ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶のFe含有量を n 、吸収係数を α とすると、 $2.5n+0.325 \leq \alpha \leq 2.5n+1.125$ とするのが好ましい。これは以下の理由による。単結晶中のFe²⁺の含有量が増えると光波長400~600nm付近の光吸収が増加し、またフォトリフラクティブ効果による感度はFeの含有量 n とFe²⁺/Fe³⁺が関係している。さらに、Fe含有量 n が増えると、Fe²⁺の絶対量が多いので吸収係数 α が大きくなる。従って、吸収係数 α を測定し調整することにより、Fe²⁺の含有量を調整でき、その結果フォトリフラクティブ効果による感度が制御可能となる。

【0017】そして、 α が $2.5n+0.325$ 未満の場合、フォトリフラクティブ効果による感度が劣化し、 α が $2.5n+1.125$ を超える場合、Fe含有量 n 及びFe²⁺の含有量が大きくなるため、感度は良くなるが光の透過率が低下する。また、感度が大きすぎると再生時にデータが消え易くなるといった問題が生じる。

【0018】また、光の吸収係数 α は光波長400~600nmにおける波長帯域で上記の範囲とし、この範囲から外れると単結晶の光透過率を制御するのが困難である。好ましくは、光透過率の制御性が最も良好な帯域の一つであり、かつホログラムメモリ素子として実用的な500~550nmがよい。

【0019】また、本発明の製造方法は、回転引き上げ法により、Feを0.001~0.1モル%含有し、かつLiとNbの原子組成比Li/Nbが $0.937 \leq \text{Li}/\text{Nb} \leq 0.943$ であるニオブ酸リチウム単結晶、

または原子組成比Li/Taが $0.942 \leq \text{Li}/\text{Ta} \leq 0.961$ であるニオブ酸リチウム単結晶を育成する。

【0020】次いで、ニオブ酸リチウム単結晶の場合は、200℃~700℃または1000~1150℃、タンタル酸リチウム単結晶の場合は200~600℃の温度範囲で、酸化雰囲気または不活性ガス雰囲気中で熱処理を施す。吸収係数 α は、育成した単結晶を酸化雰囲気中または窒素等の不活性ガス雰囲気中で、上記温度範囲に加熱する熱処理により制御することができる。ここで、200℃未満では光透過率及び吸収係数 α の変化がほとんどなく、特にニオブ酸リチウム単結晶の場合は、700℃~1000℃では酸素欠陥による吸収が増大し、LiNb₃O₈等の異相が析出し易くなり、1150℃を超えるとキュリー温度付近以上となるのでドメインが発生する。なお、タンタル酸リチウム単結晶の場合はキュリー温度が600℃前後であるので、600℃を超えるとドメインが発生し、多分域となり光散乱の原因となるため好ましくない。

【0021】また、前記酸化雰囲気は具体的には大気、酸素を1体積%以上含んだガスとし、不活性ガス雰囲気はAr、N₂、H₂、CO₂、He等とする。不活性ガス雰囲気中で熱処理を行うと α が大きくなり、酸化雰囲気中で熱処理を行うと α が小さくなる。

【0022】上記熱処理は大気圧下または所望の真空中で行うことができ、不活性ガス雰囲気での熱処理では酸素分圧を制御するために、いったん 10^{-5} Torr以下にしてからガス置換をするのがよい。

【0023】また、熱処理の時間は20時間~50時間が好ましく、20時間未満では単結晶の内部まで酸素が拡散せず色むらが発生し易く、50時間を超えると光透過率の変化はほとんど無くなる。

【0024】このような熱処理を行うことにより、 $4\text{FeO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Fe²⁺ ↔ Fe³⁺)、即ちFeの酸化、還元反応が起こり、着色の濃度及び色むらが制御でき、また単結晶に残留する熱的な歪み、残留応力が解消され、さらに酸化雰囲気中で熱処理を行うことで単結晶の育成中に発生した酸素欠陥を減らすという効果もある。

【0025】本発明の単結晶は、抵抗加熱方式の引き上げ法により育成するのがよく、これにより、例えば高周波加熱方式による引き上げ法に比べ、簡易な装置で広い均熱域を確保することができるので、単結晶中の欠陥を低減させることができ、しかもFeを添加したときの結晶格子の歪みを極力緩和することができ、クラックの発生を抑制することができる。さらに、簡易な装置を使用することができるので安価に作製可能となる。

【0026】図2に、ホログラムメモリ素子1にレーザ光を照射し、情報の記録及び/または再生等を行うように構成した光学系H1のブロック図を示す。

【0027】ここで、2は波長500～600nmのレーザ光L1を出射するものであり、半導体レーザやガスレーザ等のレーザ装置若しくはそれらの光波長を変換したレーザ装置であり、3はレーザ光L1を信号光L2及び参照光L3に分離するためのガラスプリズム等のビームスプリッタ、4は情報入力を行うための空間光変調器、5は信号光L2遮断のためのシャッタ、6は二光波測定により回折ゲインを測定するためのシリコン等を用いたフォトダイオード、7は回折ゲインを測定するため、もしくは情報の再生を行うためのCCDカメラ、8はフォトダイオード6及びCCDカメラ7からの信号より回折ゲインを演算し測定するためのディスプレイ付きのパーソナルコンピュータ、9はCCDカメラ7からの信号より情報の再生画像を映すための受像機、10は参照光L3の進行方向を変えるためのミラー、11は解像用の回折格子、12はビーム走査用のミラーである。

【0028】次に、上記光学系Hの動作について説明する。まず、ホログラムメモリ素子1の解像度の指標となる回折ゲインを測定する場合について説明する。

【0029】レーザ装置2から発せられたレーザ光L1は、ビームスプリッタ3により、二方向の光、すなわち信号光L2と参照光L3のそれぞれに分離される。そして、信号光L2は空間光変調器4及びシャッタ5を通過して、ホログラムメモリ素子1へ入射される。一方、参照光L3はミラー10により進行方向を変えられ、回折格子11を通過して、再びビーム走査用のミラー12により進行方向を変えられ、ホログラムメモリ素子1へ入射される。ホログラムメモリ素子1を透過した信号光L2はCCDカメラ7へ、参照光L3はフォトダイオード6へそれぞれ入射され、フォトダイオード6及びCCDカメラ7からの信号のそれぞれがパーソナルコンピュータ8に入力される。

【0030】次に、記録用レーザ光をホログラムメモリ素子1へ入射し、ホログラムメモリ素子1に情報を記録する場合について説明する。なおこの場合、フォトダイオード6及びパーソナルコンピュータ8は不要となる。

【0031】レーザ装置2から発せられた記録用のレーザ光L1は、ビームスプリッタ3により、信号光L2と参照光L3のそれぞれに分離される。そして、信号光L2は空間光変調器4及びシャッタ5を通過して、ホログラムメモリ素子1へ入射される。一方、参照光L3はミラー10により進行方向を変えられ、回折格子11を通過し、さらに変動可能なビーム走査用のミラー12により進行方向を変えられ、ホログラムメモリ素子1へ入射される。ここで、信号光L2及び参照光L3との交差点f0において光損傷領域を形成することにより情報の記録を行う。なお、情報の記録はミラー10の角度の変動やホログラムメモリ素子1の移動等により行う。

【0032】次に、再生用レーザ光をホログラムメモリ素子1へ入射し、ホログラムメモリ素子1に情報を記録

する場合について説明する。なおこの場合、参照光L3のホログラムメモリ素子1への入射は行わないので、ミラー10、12及び回折格子11、フォトダイオード6、及びパーソナルコンピュータ8は不要となる。

【0033】レーザ装置2から発せられた再生用のレーザ光L1は、ビームスプリッタ3、空間光変調器4、及びシャッタ5を通過して、ホログラムメモリ素子1へ入射され、ホログラムメモリ素子1を透過した信号光L2はCCDカメラ7に入射し、CCDカメラ7からの信号を受像機9に入力することにより、ホログラムメモリ素子1に記録されている情報を画像として映し出すことができる。

【0034】かくして、本発明は、VIII族元素が均一に分布した高品質のニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶から成り、ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶中に、Mg、Sc、In、Znのいずれか1種以上とVIII族元素を最適量を含有させたので、Mg、Sc、In、Znの原子が格子欠陥を好適に埋めることができ、フォトリフレクティブ効果に必要な自由電子を増やし、ホログラムメモリ素子の感度を向上させるとともに、フォトルタック効果の抑制することができる。これにより光損傷効果の感度、BER等の特性に優れたホログラムメモリ素子を得ることができる。

【0035】なお、本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更は何等差し支えない。

【0036】

【実施例】次に、本発明に係るより具体的な実施例について説明する。

【0037】〔例1〕図1のホログラムメモリ素子1用のニオブ酸リチウム単結晶及びホログラムメモリ素子1を以下のように作製した。

【0038】まず、純度4N(99.99重量%)の Li_2CO_3 、 Nb_2O_5 、 Fe_2O_3 を $\text{Li}/\text{Nb}=0.94$ 、 $\text{Fe}=0.03$ モル%、 $\text{Mg}=3$ モル%になるように、 Nb_2O_5 原料2000gに対して Li_2O_3 を521.075g、 Fe_2O_3 を0.720g、 MgO を18.175g調合し、10リットルの樹脂性ポットに入れてポットミルで10時間回転させ混合した。同様に、比較のために $\text{Li}/\text{Nb}=0.93$ 、 0.95 で $\text{Fe}=0.03$ mol%の原料も調合し、混合した。

【0039】次に、これら原料を各々約750℃で3時間仮焼した後、約1100℃で3時間焼成した。

【0040】さらに、これら焼成物を、それぞれφ(直径)100mmの円形断面で高さ100mmの白金坩堝に2300g充填し、回転引き上げ法(チョクラスキー法:CZ法)による単結晶製造装置にセットした。回転数10rpm、引き上げ速度1.0mm/時間で単結

晶を育成し、直径60mm、長さ80mmの円柱状のニオブ酸リチウム単結晶を作製した。同様に、Mg, Sc, In, Znをそれぞれ0, 1, 3, 5, 7モル%添加した単結晶を育成した。

【0041】そして、これらニオブ酸リチウム単結晶を単一分域化処理した後、 $15 \times 15 \times 10$ mmのブロックを切り出し、酸素10体積%, 窒素90体積%の雰囲気中で、 $1030 \sim 1050^\circ\text{C}$ 、30時間の熱処理を行い、吸収係数 $\alpha = 0.8$ になるように調整した。このブロックを鏡面研磨し、研磨面に誘電体多層干渉膜による反射防止膜を形成し、多数のホログラムメモリ素子1を作製した。

【0042】これらのホログラムメモリ素子1を、それぞれ図1で示す光学系で記録及び再生を行ったところ、 $\text{Li}/\text{Nb} = 0.94$ のニオブ酸リチウム単結晶について、256kbitの記録で $\text{BER} \approx 2.0 \times 10^{-10}$ 、1024kbitの記録で $\text{BER} \approx 7.1 \times 10^{-5}$ と良好な値を示し、 $\text{Li}/\text{Nb} = 0.93$ 及び $\text{Li}/\text{Nb} = 0.95$ のものは、いずれも256kbit及び1024kbitの記録において、上記値よりもBERが2桁のオーダーで劣化した。

【0043】次に、各ニオブ酸リチウム単結晶の上部から10mm、40mm、80mmの部分でICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) 法にてFe含有量を測定した結果、 $\text{Li}/\text{Nb} = 0.94$ の結晶は $0.03 \pm 0.002 \text{ mol\%}$ で測定精度内で均一であることを確認した。

【0044】一方、 $\text{Li}/\text{Nb} = 0.93, 0.95$ の結晶では $0.03 \pm 0.006 \text{ mol\%}$ でバラツキが見られた。このバラツキにより、光波長500nm付近での光透過率のバラツキが10~20%程度になり、本発明品の光透過率のバラツキ1~2%以下よりもかなり大きくなった。そのため、 $\text{Li}/\text{Nb} = 0.93, 0.95$ の結晶は、ホログラムメモリ素子として使用できなかった。

【0045】次に、添加元素による屈折率変化の影響を図3に示す光学系H2により測定した結果について説明する。図3に示すように、ホログラムメモリ素子であるサンプルSの光軸方向を偏光子26の偏光方向に合わせるようにペルチェ素子31に配設し、サンプルSの温度

制御を行う。屈折率変化を測定するためのHe-Neレーザ22からの出射光はミラー23を介して $\lambda/4$ 板25aでいったん円偏光にした後に、ハーフミラー24を介して偏光子26により直線偏光にし、サンプルSに入射させる。サンプルSの光軸方向を偏光子26と合わせることで、出射光は直線偏光となるので、検光子27の偏光方向を偏光子26に対して垂直方向になるようにセットし、パワーメータ32でHe-Neレーザ22からの出射光が検出されないようにする。次に、He-Cdレーザ21からの出射光を $\lambda/4$ 板25b等を介してレンズ28で集光し、サンプルSに入射させ、サンプルSからの出射光をHe-Cdレーザ21からの出射光のカットフィルタ30により遮断する。

【0046】ここで、サンプルSに光損傷が発生すると屈折率が変化し、サンプルSから出射されるHe-Neレーザ22からの出射光が楕円偏光となり、パワーメータ32でHe-Neレーザ22が検出される。検出された楕円偏光の出射光を $\lambda/4$ 板25cで直線偏光にされる。そして、検光子27を回転させ、パワーメータ32で検出される光量を最小になる回転角を測定する。その時の検光子27の回転角($\Delta\theta$)から屈折率変化量(Δn)が算出できる。すなわち、下記式から算出が可能である。

【0047】 $\Delta n = \Delta\theta \times (\lambda/180) \times L$ (ただし、L: サンプル長10mm, λ : 波長633nm)
上記方法により測定した屈折率変化量を表1に示す。表1から明らかなように、全くドープしなかった結晶に比べて、Mg, Sc, Zn, Inを1~5モル%含有させた結晶の屈折率変化量が大きく、Mgを1~3モル%含有させた結晶では他の元素と比較してかなり大きくなった。また、特にMg, Sc, Zn, Inを3モル%含有させるとその変化量が最大となることが判明した。これにより、特に、Mg, Sc, Zn, Inの含有量を2~4モル%とすれば最適であると思われる。特に、Mgは結晶の育成が他の元素より容易に行うことができる上に、育成した結晶の結晶性が良好であるので好適である。

【0048】

【表1】

	0 モル %	1 モル %	3 モル %	5 モル %	7 モル %
	6.2×10^{-1}	—	—	—	—
Mg	—	1.2×10^{-1}	1.4×10^{-1}	9.4×10^{-1}	6.3×10^{-1}
Sc	—	6.8×10^{-1}	8.4×10^{-1}	7.2×10^{-1}	6.0×10^{-1}
Zn	—	6.9×10^{-1}	7.4×10^{-1}	7.1×10^{-1}	5.9×10^{-1}
In	—	7.2×10^{-1}	9.4×10^{-1}	6.8×10^{-1}	6.1×10^{-1}

【0049】次に、図4に示す光学系H3を用いてフォトルタイク効果を確認した結果を説明する。図4に示すように、He-Neレーザの出射光L5をハーフミラー43で光L6、L7に分岐させ、光L6をサンプルSへ入射させ、さらにハーフミラー41、42、ミラー44によって光L7と合波させ、レンズ45で集光させCCDカメラ46へ入射させる。そして、その干渉像をCCDカメラ46で観察する。なお、図中P1、P2は偏光方向を示し、P1は紙面に垂直方向である。このようにHe-NeレーザとArレーザとで偏光方向を変えることにより、別に発生する干渉縞を防止している。

【0050】次に、Arレーザからの出射光L4をハーフミラー41を透過させサンプルSに照射させる。サンプルSがフォトルタイク効果により屈折率分布が発生すると、図5に示すようにCCDカメラで観察される干渉像に歪みが発生する。

【0051】上記観察の結果、Mg、Sc、Zn、Inを1～5モル%含有させた結晶ではフォトルタイク効果は全く見られず、図6に示す非常に良好な干渉像が観察されたが、上記数値範囲外では図5に示すように歪んだ干渉像となった。

【0052】〔例2〕図1のホログラムメモリ素子1用としてタンタル酸リチウム単結晶を使用した実施例について説明する。

【0053】単結晶及びホログラムメモリ素子は以下のように作製した。

【0054】まず、純度4N(99.99重量%)の Li_2CO_3 、 Ta_2O_5 、 Fe_2O_3 、 MgO を $\text{Li}/\text{Ta}=0.95$ 、 $\text{Fe}=0.03$ モル%、 $\text{Mg}=3$ モル%になるように、 Ta_2O_5 原料3000gに対して Li_2CO_3 を476.528g、 Fe_2O_3 を0.654g、 MgO を16.507g調合し、10リットルの樹脂性ポットに入れてポットミルで10時間回転させ混合した。同様に、比較のために $\text{Li}/\text{Ta}=0.94$ 、 0.96 で $\text{Fe}=0.03$ mol%の原料も調合し、混合した。

【0055】そして、これら原料を各々約750℃で3時間仮焼した後、約1350℃で15時間焼成した。

【0056】次に、これら焼成物を、それぞれφ(直

径)100mmの円形断面で高さ100mmのイリジウム坩堝に3000g充填し、回転引き上げ法(チョクルスキー法:CZ法)による単結晶製造装置にセットした。回転数10rpm、引き上げ速度1.0mm/時間で単結晶を育成し、直径60mm、長さ60mmの円柱状のタンタル酸リチウム結晶を作製した。

【0057】次に、これらタンタル酸リチウム結晶を単一分域化処理した後、15×15×10mmのブロックを切り出し、酸素15体積%、窒素85体積%の雰囲気中で、500～550℃、30時間の熱処理を行い、吸収係数 $\alpha=0.9$ になるように調整した。このブロックを鏡面研磨し、研磨面に誘電体多層干渉膜による反射防止膜を形成し、多数のホログラムメモリ素子1を作製した。

【0058】これらホログラムメモリ素子1を、それぞれ図1に示す光学系で情報の記録及び再生を行ったところ、 $\text{Li}/\text{Ta}=0.95$ のタンタル酸リチウム単結晶について、256kbitの記録で $\text{BER}=1.9 \times 10^{-10}$ 、1024kbitの記録で $\text{BER}=6.5 \times 10^{-5}$ と良好な値を示し、 $\text{Li}/\text{Ta}=0.94$ 、及び $\text{Li}/\text{Ta}=0.96$ のものはいずれも256kbit及び1024kbitの記録において、上記値よりもBERが2桁のオーダーで劣化した。

【0059】次に、各タンタル酸リチウム単結晶の上部から10mm、30mm、60mmの部分をICP-MS(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)法にてFe含有量を測定した結果、 $\text{Li}/\text{Ta}=0.95$ の結晶は 0.03 ± 0.002 モル%で測定精度内で均一であることを確認した。

【0060】一方、 $\text{Li}/\text{Ta}=0.94$ 、 0.96 の結晶では 0.03 ± 0.006 モル%でばらつきが見られた。このばらつきにより、光波長500nm付近での光透過率のばらつきが10～20%程度になり、本発明品の光透過率のばらつきが1～2%以下よりもかなり大きくなった。そのため、 $\text{Li}/\text{Ta}=0.94$ 、 0.96 の結晶は、ホログラムメモリ素子として使用できなかった。

【0061】なお、添加元素による屈折率変化の影響等についても測定したところ、ニオブ酸リチウム単結晶と

ほぼ同様な結果となった。

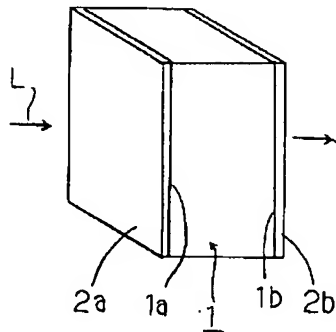
【0062】

【発明の効果】本発明のホログラムメモリ素子によれば、ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶中に、Mg、Sc、In、Znのいずれか1種以上とVIII族元素を最適な量を含有させたので、ホログラムメモリ素子の感度を向上させるとともに、フォトルタイク効果の抑制することができる。これにより、光記録を誤りなく正確に行うことが可能な信頼性の優れたホログラムメモリ素子を提供することができる。

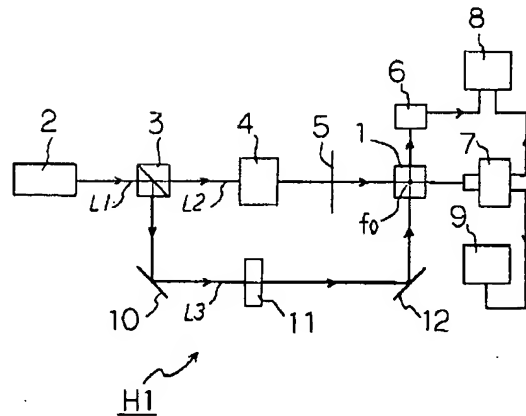
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るホログラムメモリ素子の斜視図である。

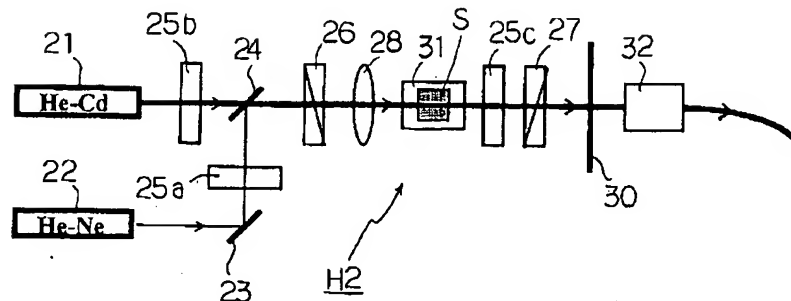
【図1】



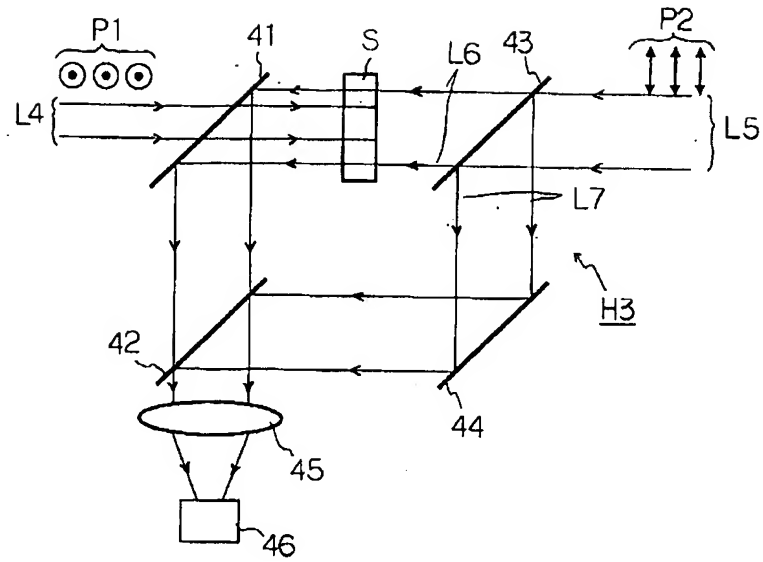
【図2】



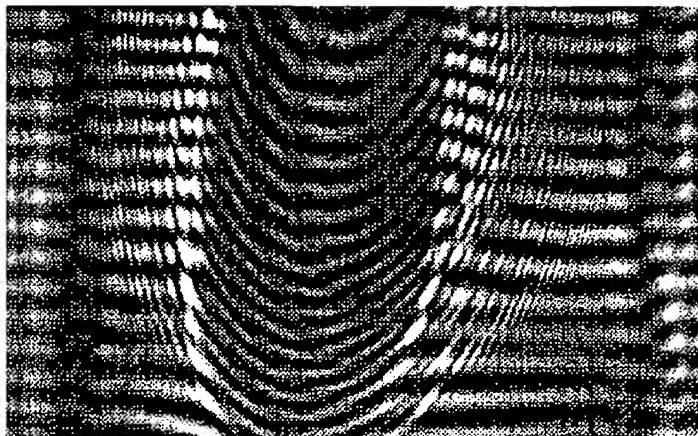
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

